Internet stvari

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
Fakultet elektrotehnike i računarstva

Diplomski studij
Računarstvo
Znanost o mrežama
Programsko inženjerstvo i informacijski sustavi
Računalno inženjerstvo
Informacijska i komunikacijska tehnologija
Automatika i robotika
Informacijsko i komunikacijsko inženjerstvo
Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Audiotehnologije i elektroakustika
Elektroenergetika
(Izborni predmet profila)

12. Aplikacije Interneta stvari: stvarnovremenske usluge, pametni grad, pametni dom i ured

Ak. god. 2022./2023.

Sadržaj

- Područja primjene
- Pametni dom
- Pametni grad
- Ostale domene primjene
- Stvarnovremenske usluge
- IoTLab@FER

Područja primjene

- Vrlo različita područja primjene u kojima se ostvaruju IoT-usluge s različitim **funkcijskim zahtjevima**:
  - za industriju (energija, transport, proizvodnja, hrana i drugo),
  - izravno povezane s ljudima (medicina, zdravstvena zaštita, samostalno življenje i drugo)
  - pametni gradovi, a i pametna sela i sl.
- Značajni **ne-funkcijski zahtjevi**: **skalabilnost** i **raspoloživost**.
- Dodatno, za kritične sustave i infrastrukturu kao što je energija, treba postići zahtijevanu **pouzdanost**:
  - specifična rješenja istražuju se u okviru Interneta energije (engl. *Internet of Energy*, IoE).

Raznolika područja primjene

Smart Home	Smart Lighting
	Smart Appliances
	Intrusion Detection
	Smoke/Gas Detectors
	Energy Management
Smart City	Smart Parking
	Waste Management
	Smart Lighting
	Emergency Response
Environment	Weather Monitoring
	Air Pollution Monitoring
	Noise Pollution Monitoring
	Forest Fire Detection

Retail	Inventory Management
	Smart Vending Machines
	Smart Payments
Logistics	Fleet Tracking
	Shipment Monitoring
	Remote Vehicle Diagnostics
	Route Generation and Scheduling
Industry	Machine Diagnosis
	Object Tracking and Process Automation
Agriculture	Smart Irrigation
	Crop Monitoring

Za ljubitelje stripa
http://iotcomicbook.org/original-edition/

Izvor:
Statista,
Market Pulse
Report IoT,
April 2017

Fokus na korisnika ili poslovni subjekt!

Područja primjene – različiti zahtjevi

Potrošnja energije!

NB-IoT, LTE-M, 5G

Kašnjenje!

Pouzdanost!

Izvor: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/towards-5g

Prostorna pokrivenost!

Mnogo uređaja!

Različiti zahtjevi za primjere usluga

Pametna brojila (potrošnja el. energije)

Intelligent Transport System

Nadzor (kamere, senzori za prisutnost i sl.)

	Smart meters	eHealth	ITS	Surveillance
Mobility	none	Pedestrian /vehicular	Vehicular	none
Message size	Small (few kB)	Medium?	Medium	large
Traffic pattern	Regular	Regular/irregular	Regular/irregular	Regular
Device density	Very high (up to ten thousands per cell)	Medium	High	low
Latency requirements	low (up to hours)	Medium (seconds)	Very high (few milliseconds)	Medium (< 200ms)
Power efficiency requirements	High (battery powered meters)	High (battery power devices)	Low	low
Reliability	High	High	High	medium
Security requirements	High	Very high	Very high	medium

Pametni dom

- Ambijentalne usluge
- Ušteda energije
- Usluge za starije osobe i osobe s posebnim potrebama

Ambijentalne usluge

- Grijanje i hlađenje
- Upravljanje osvjetljenjem
- Nadzor prisustva u domu
- Upravljanje kućanskim uređajima
- Kućanski roboti
- Detekcija curenja vode / plina
- Lociranje u zatvorenim prostorima

Ušteda energije

- Pametna brojila
  - Udaljeno očitanje potrošnje energije
  - U budućnosti: savjeti za uštedu energije
- Upravljanje kućanskim uređajima ovisno o cijeni energije

Usluge za starije osobe i osobe s posebnim potrebama

- Puls
- Kisik u krvi (SPO2)
- Disanje
- Tjelesna temperatura
- Aktivnost srca (EKG)
- Glukoza
- Tlak
- Položaj tijela
- Znojenje
- Kontrakcija mišića (EMG)

Koncept pametnog grada

Umreženi uređaji i inovativne IKT-usluge su pokretači razvoja održivih i tehnološki naprednih gradova u službi **građana i gradskih službi**.

Promet

- Nadzor prometnica
- Javni prijevoz
- Parkiranje
- Upravljanje prometom

Zbrinjavanje otpada

Ambijentalni nadzor

- Mjerenje buke, kvalitete zraka

Energija

- Pametna rasvjeta
- Energetska učinkovitost

Primjer rješenja za pametno parkiranje

Koji zahtjevi su značajni?
Koja tehnološka rješenja (komunikacijski protokol, IoT-platformu) koristiti?

Praćenje kvalitete zraka

- NO_2, H_2S – kisele kiše
- CO_2, CH_4, – staklenički plinovi
- CO – potencijalno smrtonosan
- Etanol, propan, butan – staklenički plinovi, iritacija dišnih puteva
- O_3 – iritacija dišnih puteva

Zbrinjavanje otpada

- Ultrazvučni senzor
- Temperatura
- Vibracije
- Vlažnost
- Čestice prašine
- CO, CO_2, O_3, NO_2, CH_4, H_2S

Ostale domene primjene

Tvornice

IIoT – Industrial IoT

- Proizvodni proces
  - Temperatura u cijevima
  - Temperatura u strojevima
- Radni uvjeti
  - Osvjetljenje
  - Temperatura i vlaga
  - CO_2
  - buka
- Emisije štetnih plinova
  - VOC (engl. *Volatile Organic Compound*)
  - ne smiju biti emitirani u atmosferu

Praćenje poplava

Praćenje nuklearnog zračenja

Nadzor u poljoprivredi

- Parametri zraka i tla
  - Temperatura
  - Vlažnost
  - Tlak zraka
  - Vlažnost tla
  - Temperatura tla
  - Brzina i smjer vjetra
  - Vlažnost listova
  - Jačina solarnog zračenja

Stvarnovremenske usluge

Nadzor (praćenje) vs. upravljanje/aktuacija

- Današnje IoT-aplikacije: praćenje stanja okoliša i nadzor različitih sustava
  - kontinuirano se prikupljaju velike količine podataka i provodi analitika nad podacima, podaci su u formi tokova podataka (*time-series data*, niz podataka indeksiranih vremenskim oznakam)
- Dodatni zahtjevi: mogućnost upravljanja (aktuacije)
  - **Stvarnovremenost: odluku o akciji je potrebno donijeti u kratkom vremenskom intervalu („u stvarnom vremenu”) nakon čega kreće izvedba upravljanja (aktuacija)**
  - Otpornost na gubitke podataka
  - Zadovoljavanje performansi upravljanja

Stvarnovremenski problem

- Postoji upravljački tok podataka F_i koji utječe na provedbu aktuacije
  - Senzor → … → upravljačka jedinica → … → aktuator
  - Generiranje paketa u periodu *Pi*
  - Postoji više kontrolnih petlji u mreži senzora, uređaja i aktuatora
- Svaki tok podataka F_i mora biti obrađen u roku $D_i \leq P_i$ (stvarnovremenski zahtjev)
  - Stabilnost i predvidivi upravljački nadzor
- Izazovi
  - Zadovoljavanje krajnjeg roka za provedbu aktuacije
  - Mogućnost planiranja vremena izvršavanja

Stvarnovremenski zahtjevi

- *Near real-time*
  - Tolerancija kašnjenja od nekoliko sekundi do nekoliko minuta
- Sustavi objavi – pretplati
  - Koliko je vremena potrebno od objave do isporuke obavijesti svim pretplatnicima?
  - Za koliko sekundi treba pokrenuti aktuaciju ako je opažen određeni događaj ili niz događaja?
- Zahtjevi za sustav
  - *Hard* – propuštanje roka isporuke uzrokuje ispad sustava
  - *Firm* – propuštanje roka isporuke se tolerira, ali degradira kvalitetu usluge; rezultat nema značaj nakon roka isporuke
  - *Soft* – propuštanje roka isporuke se tolerira, ali degradira kvalitetu usluge

Lanac vrijednosti za IoT (1/2)

PROČITATI!

Izvor: Weber, M.; Podnar Žarko, I. A Regulatory View on Smart City Services. *Sensors* **2019**, *19*, 415. https://www.mdpi.com/1424-8220/19/2/415

Lanac vrijednosti za IoT (2/2)

- **Infrastructure provider**: pruža IoT-uređaje i infrastrukturu koja osigurava povezanost uređaja na Internet.
  - **Device provider**: proizvođač IoT-uređaja
  - **IoT connectivity provider**: mrežni operator
- **IoT platform provider**: nudi IoT-platformu za jednostavan pristup senzorskim podacima i upravljanim uređajima kao i integraciju podataka za razvoj novih usluga. Odgovoran je za kontrolu heterogenih uređaja.
- **IoT service integrator**: integrator nad IoT-platformom i uređajima, nudi usluge u određenoj domeni primjene te dodaje vrijednost servisima IoT-platforme. Koristi po potrebi usluge razvoja mobilnih i web-aplikacija.
- **IoT user**: kupac IoT-usluge koji koristi nove umrežene komponente u svojim proizvodima (npr. pametno brojilo) i/ili pruža inovativne usluge (npr. uslugu pametnog mjerenja) krajnjim korisnicima.
- **End user**: krajnji korisnik IoT-usluge

- Primjer: elektroenergetska tvrtka (IoT-korisnik) koristi pametna brojila za poboljšanje svojih postojećih proizvoda i ponuda zamjenom postojećih uređaja novima koji građanima (krajnjim korisnicima) nude potpuno nove usluge: npr. informacije o njihovoj potrošnji energije u stvarnom vremenu (svakih 15 min).
- IoT-korisnik sklapa ugovor ili izravno s pružateljima infrastrukture i koristi njihove usluge niske razine unutar svoje infrastrukture (razvija vlastito IoT-rješenje) ili sklapa ugovor s integratorom IoT-usluga koji nudi paketne usluge visoke razine povrh IoT-platforme.

Kako pristupiti dizajnu novog IoT-rješenja?

IoT-platform

Platform characteristics
Local/Global
Uses edge devices/gateways
Supported protocols for connecting devices
Dana analytics services

PROČITATI!

Izvor: Weber, M.; Podnar Žarko, I. A Regulatory View on Smart City Services. *Sensors* **2019**, *19*, 415. https://www.mdpi.com/1424-8220/19/2/415

NASTAVA

- Nositelji kolegija "Internet stvari" koji se od 2019. godine izvodi na diplomskom studiju FER-a, a godišnje ga upisuje preko 130 studenata.
- Članovi laboratorija uključuju studente preddiplomskog i diplomskog studija u inovativne projekte te im omogućuju korištenje suvremene laboratorijske opreme.
- Brojni studentski radovi su nastali i nastaju u našem laboratoriju (30 do 40 godišnje).

ISTRAŽIVANJE

- Razvijamo IoT-ekosustav sa svojstvima interoperabilne, decentralizirane, dinamične i sigurne okoline koja čuva privatnost korisnika, a pritom se oslanja na računalna sredstva na rubu mreže.
- Istražujemo energetski-učinkovite protokole i algoritme te inteligentne i kognitivne usluge.
- Zanimaju nas IoT-rješenja sljedeće generacije koja su prikladna za mreže 5G, kao i masovno postavljanje IoT-uređaja.

INOVACIJE

- Inovativna rješenja u području precizne poljoprivrede i pametnih gradova:
- udaljeno praćenje stresa biljke
- senzoriranje kvalitete zraka u pokretu
- zelene rute za pješake i bicikliste
- upravljanje uređajima u domu ili uredu na temelju *indoor* lokacije

IoTLab, http://www.iot.fer.hr/

Članovi laboratorija:
sveučilišni nastavnici (3), poslijedoktorandi (1)
doktorandi (6)

Prof. dr. sc. Ivana Podnar Žarko (voditeljica)
Prof. dr. sc. Gordan Ježić
Prof. dr. sc. Mario Kušek

Osnovan u Zavodu za telekomunikacije FER-a

Pametna mobilnost i ekološko rutiranje

- Praćenje kvalitete zraka u pokretu malim nosivim uređajima (pješaci i biciklisti)
- Pružanje zelenih ruta (najpovoljnijih za zdravlje) do željenog odredišta
- Integracija podataka o kvaliteti zraka i prometu u gradovima s različitih IoT platformi

Rezultat završenog projekta IoTLaba
symbIoTe: Symbiosis of smart objects across IoT environments

Research and Innovation Project (RIA) within Horizon 2020 programme
technical manger: Prof. Ivana Podnar Žarko, PhD
(2016 – 2018)

symbIoTe

Tehničko ostvarenje

- Koristi 3 IoT-platforme (OpenIoT, openUWEDAT, MoBaas)
  - Integriraju mjerenja sa stacionarnih senzora i senzora u pokretu za praćenje kvalitete zraka, svaka se koristi u drugome gradu, jedino OpenIoT svugdje u svijetu jer podržava pokretljivost korisnika
- symbIoTe Enabler
  - Komponenta za razvoj usluga s dodanom vrijednosti na temelju podataka prikupljenih s različitih platformi
  - Analiza podataka
  - Interpolacija, izračun ruta i traženje interesnih lokacija

- Dvije mobilne aplikacije za krajnje korisnike
  - Izračun zelene rute (Green Routing App)
  - Prikupljanje podataka sa nosivih senzora putem mobitela (CUPUS)

Arhitektura rješenja

Internet stvari

Senzori za kvalitetu zraka

- 20 IoT uređaja s FER-a (Zagreb), nosivi senzori dizajnirani na ZESOI
- 20 senzora tvrtke DunavNET (korišteni u Beču i Zagrebu) u pokretu značajno su veći od FER-ovih
- Stacionarni senzori za kvalitetu zraka u Zagrebu i Beču

- 20 fiksnih postaja tvrtke Ubiwhere (Porto)
- 10 fiksnih i nosivih senzora tvrtke MONITAR (Porto)

Stacionarni senzori za kvalitetu zraka

- Zagreb i Beč

Resources Found

Show 10 entries

Resource	Longitude	Latitude	Altitude	Platform	Observed Properties	Location
ZAGREB-1	15.974072456359863	45.80033874511719	0	AITopenUwedat	carbon monoxide concentration	Croatia
ZAGREB-2	16.035825729370117	45.82371520996094	0	AITopenUwedat	Particulate matter <10um (aerosol) concentration	Croatia
ZAGREB-2	16.035825729370117	45.82371520996094	0	AITopenUwedat	carbon monoxide concentration	Croatia
ZAGREB-2	16.035825729370117	45.82371520996094	0	AITopenUwedat	sulphur dioxide concentration	Croatia
ZAGREB-2	16.035825729370117	45.82371520996094	0	AITopenUwedat	nitrogen dioxide concentration	Croatia
ZAGREB-3	16.0064697265625	45.76494598388672	0	AITopenUwedat	Particulate matter <10um (aerosol) concentration	Croatia
ZAGREB-3	16.0064697265625	45.76494598388672	0	AITopenUwedat	sulphur dioxide concentration	Croatia
ZAGREB-3	16.0064697265625	45.76494598388672	0	AITopenUwedat	ozone concentration	Croatia
ZAGREB-3	16.0064697265625	45.76494598388672	0	AITopenUwedat	nitrogen dioxide concentration	Croatia
ZAGREB-3	16.0064697265625	45.76494598388672	0	AITopenUwedat	carbon monoxide concentration	Croatia

CUPUS Crowdsensing App

Google Play

CUPUS Crowdsensing

Koristi se nosivim senzorima za prikupljanje podataka o kvaliteti zraka (ovo su izvori podatka), senzori se spajaju pomoću BLE na mobitel, koristi se GPS na mobitelu za određivanje lokacije mjerenja

Primjer aplikacije koja se temelji na načelu *mobile crowdsensing* (pokretni korisnici opažaju svoju okolinu)

Pregled aktivnih senzora

Trenutna očitanja senzora

Pretplate na senzorska mjerenja

Dostupni senzori

Manji dio korisnika senzorira okolinu (jer ima i koristi nosivi senzor), a svo građani mogu pristupiti podacima (saznati trenutno stanje zraka koje je netko upravo izmjerio i podijelio putem IoT-rješenja)

Internet stvari

symbIoTe SMEUR Green Routing App

Google Play

symbIoTe SMEUR

symbIoTe-enabled App namijenjena velikom broju korisnika
Zelene rute se određuju za bicikliste i pješake na temelju dostupnih stvarnovremenskih podataka o kvaliteti zraka na pojedinim dionicama rute

Početni zaslon, Interesne lokacije s OpenStreetMap

POI filter "bike_rental", pronalazi zanimljive lokacije

Biciklistička ruta (zelena, bira dionice s najmanje zagađenja trenutno)

Dvije pješačke rute zelena i najkraća (označena sivo, na njoj je opažena loša kvaliteta zraka)

Tekući projekti IoTLab-a

IoT-field: An Ecosystem of Networked Devices and Services for IoT Solutions Applied in Agriculture

research project funded by the European Structural and Investment Funds
project leader: Prof. Ivana Podnar Žarko, PhD (03/2020 – 11/2023)
https://iot-polje.fer.hr/iot-polje/en

IoT4us: Human-centric smart services in interoperable and decentralised IoT environments

research project No. 1986 funded by the Croatian Science Foundation (HRZZ)
project leader: Prof. Ivana Podnar Žarko, PhD (01/2020 -12/2023)
https://iot4us.fer.hr/iot4us/en

Pinova: Development of agrometeorological platform and IoT device network for company Pinova Ltd.

research project funded by the European Structural and Investment Funds
project leader: Prof. Mario Kušek, PhD (08/2020 – 08/2023)

M2MCC: Communication Challenges in Machine-to-Machine Communications

cooperation project between UNIZG-FER and Ericsson Nikola Tesla
project leader: Prof. Gordan Ježić, PhD (2011 – now)

Novi projekt iz programa Obzor Europa

AIoTwin

Twinning action for spreading excellence in Artificial Intelligence of Things

Trajanje: 01/2023-12/2025

No.	Participant Logo	Participant organisation name	Short Name	Country
1 (CO)	FER University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing	University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing	UNIZG-FER	Croatia
2	RI SE	RISE Research Institutes of Sweden AB	RISE	Sweden
3	TU WIEN TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN	Technische Universität Wien	TUW	Austria
4	Technische Universität Berlin	Technische Universität Berlin	TUB	Germany

Strateški cilj projekta AIoTwin

- značajno **ojačati znanstvenu izvrsnost i inovacijski kapacitet FER-a** u području Interneta stvari kroz prijenos znanja i suradnju s vrhunskim znanstvenicima iz vodećih europskih institucija
- stvoriti **poticajno istraživačko okruženje** na FER-u i povećati znanstvenu kvalitetu i produktivnost kako bi privukli nove nacionalne i međunarodne talente
- stvoriti prilike za **razvoj karijera mladih istraživača**
- ojačati kapacitete institucije za **sudjelovanje u projektima Obzor Europa**
- plan rada projekta uključuje istraživače iz **FER-ovog Laboratorija za Internet stvari**

Istraživačke teme

Istraživačke teme su usklađene s radnim programom Obzor Europa klastera 4, tema "*From Cloud to Edge to IoT for European Data*“: decentralizirana inteligencija i obrada podataka na rubu mreže u blizini IoT-uređaja.

1. Edge computing and orchestration.
2. Federated and decentralized Machine Learning.
3. AI for robust and energy-efficient IoT.
4. Distributed Ledger Technology (DLT) for IoT.

Literatura

1. Libelium: 50 Sensor Applications for a Smarter World, http://www.libelium.com/resources/top_50_iot_sensor_applications_ranking/
2. Lu, C. „Real-Time Internet of Things”, Washington University in St. Louis, *keynote speech*, https://www.cse.wustl.edu/~lu/talks/isorc17-keynote.pdf
3. Soldatos, J.; „A 360-Degree View of IoT Technologies”, *Artech House*, 2020
4. Weber, M.; Podnar Žarko, I. A Regulatory View on Smart City Services. *Sensors* **2019**, *19*, 415. https://www.mdpi.com/1424-8220/19/2/415